(5

SEPARAT-ABDRUCK

aus dem

ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Herausgegeben

von **His** u. **Braune** und von **E. du Bois-Reymond.**

Leipzig, Verlag von Veit & Comp.

Physiologische Abtheilung.

Jahrgang 1878.

Inhalt:

Ueber die sogenannte Anfangszuckung.

Von

Hugo Kronecker und **William Stirling.**





Ueber die sogenannte Anfangszuckung.

Von

Hugo Kronecker und **William Stirling.**

In unserer Abhandlung „Ueber die Genesis der Tetanus“[1] haben wir an verschiedenen Orten (S. 25, 26, 38 u. 39) gezeigt, dass die von Hrn. Bernstein angenommene „Anfangszuckung“ des durch sehr häufige Reize tetanisirten Muskels keine normale Erscheinung ist.

Kurz bevor diese Arbeit ausgegeben wurde, hat Hr. Bernstein eine Notiz über „Erzeugung von Tetanus und die Anwendung des akustischen Stromunterbrechers“[2] veröffentlicht und sich darin gegen diejenige Darstellung seiner „Versuche über die Einwirkung schnell folgender Reize“ verwahrt, welche wir in unserer vorläufigen Mittheilung gegeben hatten.

Hr. Bernstein nennt folgenden Satz[3] „durchaus irrig“:

„Hr. Bernstein hat angegeben, dass bei 250 Inductionsschlägen in der Secunde kein voller Tetanus mehr zu Stande komme. Bei schwachen Reizen finde alsdann nach einer ersten, starken Anfangszuckung nur noch schwache Andeutung von Tetanus statt. Bei starken Reizen schwinde der Tetanus bis auf eine Anfangszuckung, wenn 500 Schläge in der Secunde erfolgen. In einigen Fällen hat Hr. Bernstein auch bei 1760 starken Reizen noch Tetanus wahrgenommen.“

Am heftigsten bestreitet Hr. Bernstein unsere Berechtigung, den vorletzten Satz des oben angeführten Referats aus seiner Abhandlung herzuleiten. Wir citiren daher zur Begründung unserer Angaben zuvör-

[1] Dies *Archiv* 1878, S. 1 ff.

[2] Pflüger's *Archiv* Bd. 18, Heft 1 u. 2, S. 121.

[3] *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 6. Dec. 1877.

derst folgendes in seinen Untersuchungen *Ueber den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem* auf S. 112 enthaltene Protokoll:

Versuch 3.	Sartorius.
130 Schwingungen	keine AZ
232 „	schwache AZ bei R = 12 ^{cm}
	deutliche AZ bei R = 12·5 ^{cm}
	Tetanus bei R = 11 ^{cm}
406 „	starke AZ bei R = 7 ^{cm}.

Zum Verständniss der Abkürzungen ist zu bemerken, dass AZ Anfangszuckung bedeutet, R Abstand der secundären Rolle von der primären eines mit zwei Grove'schen Elementen armirten du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates. Hr. Bernstein selbst bemerkt vor dem angeführten Versuchsprotokolle, dass er zur directen Reizung des Sartorius der primären Spirale eine schlecht leitende Nebenschliessung (verdünnte Schwefelsäure) geben und ausserdem Eisenkerne in die primäre Rolle einlegen musste, um die Wirkung der Ströme zu verstärken. Mit dem angeführten Protokolle übereinstimmende Resultate finden sich in dem Versuche 2 (S. 112) sowie in den Versuchen 4, 7, 8 (S. 106).

Wir glauben hiernach berechtigt zu sein, solchen Reizen, wie Hr. Bernstein deren 464 pro Sec. (wir nahmen, entsprechend seinem auf S. 115 gegebenem Beispiele, abgerundet 500 an) angewandt hat, das Prädicat „stark" zu geben, indem wir mit Hrn. Bernstein (vgl. S. 126) und wohl mit der Mehrzahl der Physiologen schwache (minimale), starke und stärkste (maximale) Reize unterscheiden.

Als Reizfrequenz wird vom Hrn. Verfasser die doppelte Anzahl der Schwingungen der stromunterbrechenden Feder des akustischen Stromunterbrechers angenommen. Dass diese Annahme nur dann zulässig ist, wenn die Oeffnungs- und Schliessungsschläge völlig gleich stark gemacht worden sind, haben wir in unserer Arbeit (S. 15) dargethan. „Durch Anwendung einer schlecht leitenden Nebenschliessung verliert man", wie der Hr. Verf. (S. 112) bemerkt, „allerdings die Sicherheit, ob Schliessungs- und Oeffnungsschlag gleich(zeitig) erregend wirken. Aber", fügt er hinzu, „man beeinträchtigt die Brauchbarkeit der Resultate nicht, wenn man sich bei jedem Versuche durch Schliessen und Oeffnen des primären Kreises mit der Hand von der Wirkungsfähigkeit der Ströme unterrichtet." Es ist jedoch damit nicht bewiesen, dass bei den unvollkommenen Contacten, wie sie die schnell vibrirende Feder vermittelt, die schwächere Stromart wirkungsfähig bleibt.

Hr. Bernstein schliesst aus den erwähnten Versuchen, in welchen er den Muskel direct oder durch Vermittelung der Nerven reizte, Fol-

gendes: „Die Anzahl der Reize in einer Secunde, bei denen die Anfangszuckung auftrat, schwankt in beiden Fällen mehr oder weniger weit um die Zahl 300. Eine genaue Uebereinstimmung und ein präcises Eintreffen der Anfangszuckung wird man unter solchen Verhältnissen nicht erwarten, wenn man bedenkt, von wie vielen Variabeln der Zustand der Nerven- und Muskelfaser abhängig ist. Es genügt, ihr Eintreten innerhalb gewisser Grenzen der Reizungszahl und das Constante der Erscheinung nachgewiesen zu haben."

Auf der folgenden Seite (114) sagt Hr. Bernstein:

„Nun erinnern wir uns, dass die Dauer der negativen Schwankung in einem Elemente der Muskelfaser oder, was dasselbe ausdrückt, die Schwingungsdauer in der Reizwelle der Muskelfaser im Mittel zu 0·004 Sec. gleich $^1/_{250}$ Sec. gefunden wurde. Diese Zahl liegt aber, wie man sieht, innerhalb der angegebenen Grenzen von $^1/_{224}$ und $^1/_{360}$ Sec., stimmt also nahe zusammen mit demjenigen Zeitraume, welcher zwischen solchen, schnellfolgenden Reizen liegt, welche die ersten Spuren der Anfangszuckung erzeugen; und somit werden wir hiermit folgerichtig (!) zu der Vermuthung (!) geführt, dass die Erscheinung der Anfangszuckung in einem ursächlichen Zusammenhange mit der Dauer der negativen Schwankung in der Muskelfaser stehe".

Diese „Vermuthung" wird nunmehr aber nicht durch weitere Versuche, sondern durch weitere, ganz ähnliche Betrachtungen so weit gestärkt, dass sich auf S. 125 „aus diesen Folgerungen die Erscheinung der Anfangszuckung erklärt".

„Man wird eine Stärke der Reizung ausfindig machen können, bei welcher der kammförmige Theil der Reizwellencurve so flach verläuft, dass er keine Erregung mehr zu erzeugen im Stande ist, während der Anfang der ganzen Curve, der steil anhebt, eine Erregung zur Folge hat. In diesem Falle werden wir beim Beginn der Reizung eine einzelne Zuckung beobachten, dagegen während der Dauer der Reizung Ruhe des Muskels. Dies ist, wie man sieht, die Erklärung der Anfangszuckung, wie wir sie bei einer der Fig. 21 entsprechenden Anzahl von Reizen, ungefähr 300—400 in 1 Sec. beobachtet haben. Verstärkt man die Reizung, so wachsen die Reizwellen an Höhe, die einzelnen Theile der Curve nehmen an Steilheit zu und es tritt nun zuerst ein schwacher Tetanus auf, welcher der grösseren Anfangszuckung folgt und bei Verstärkung der Reize schliesslich in einen starken Tetanus übergeht. Dies ist der Gang der Erscheinung, wie wir ihn jetzt voraussagen können und wie wir ihn in Wirklichkeit beobachtet haben. Man wird zugestehen, dass die gegebene Erklärung mit den beobachteten Thatsachen sich in vollem Einklage befindet, und dass wir durch folgerichtige

Schlüsse mit Nothwendigkeit zu der ausgesprochenen Abhängigkeit der Erregung von der Reizwelle geführt worden sind."

Hr. Bernstein ist am Schlusse seiner Untersuchungen in seiner Ueberzeugung fest geworden. Er sagt (S. 232):

„Gemeinsam ist der Nerven- und Muskelfaser das Gesetz der Erregung. Für den Muskel lässt es sich experimentell nachweisen, dass die Intensität der Erregung eine Function der Reizwelle ist. Durch Reizung mit schnell auf einanderfolgenden Strömen haben wir eine Art Interferenz-Erscheinung aufgefunden, welche die Erregung im Muskel zeigt und die davon abhängt, dass unter diesen Umständen die Reizwellen übereinander fallen. Das Auftreten der Anfangszuckung und ihr Erscheinen von demjenigen Reizintervalle ab, dessen Dauer mit der der negativen Schwankung zusammenfiel, führte uns dann zu dem aufgestellten Gesetze der Erregung, dem zu Folge die Erregung von der Geschwindigkeit abhängig ist. mit der der Strom eines Elementes der Faser schwankt oder sich ändert." -

Waren wir hiernach nicht berechtigt anzunehmen, dass Hr. Bernstein als numerische Resultate der Untersuchungen gelten lassen wolle. was wir gesagt haben? „Bei schwachen Reizen finde alsdann (bei 250 Inductionsschlägen in 1 Sec.) nach einer ersten starken Anfangszuckung nur noch schwache Andeutung von Tetanus statt." Und jetzt betont Hr. Bernstein, wieder auf seine erste vorsichtige Formulirung zurückkommend, er habe nur angegeben, „dass bei dieser Reizzahl etwa die Anfangszuckung auftritt."

Der hierauf folgenden Stelle aus einem ausführlichen Versuchsprotokolle (S. 102 seiner Abhandlung), wo es heisst: — „Sehr bald erreicht man aber beim Verschieben der secundären Spirale eine Grenze, bei welcher der sehr starken Anfangszuckung ein schwacher Tetanus nachfolgt, und schiebt man die Rollen noch weiter übereinander, so erhält man einen kräftigen Tetanus —" haben wir den letzten Satz unserer Bemerkung entnommen: „In einigen Fällen hat Hr. Bernstein auch bei 1760 starken Reizen noch Tetanus wahrgenommen."

Wir hätten fürchten können von Hrn. Bernstein dahin berichtigt zu werden. dass er nicht in einigen Fällen, sondern nur in diesem einen Falle mit dieser Reizzahl noch habe tetanisiren können. denn nur auf S. 110 seiner Abhandlung haben wir noch die gleiche Reizzahl (1760) erwähnt gefunden. aber mit der Bemerkung: „Das Resultat war auch hier dasselbe: Sowohl bei Anwendung von Inductionsströmen als auch von constanten Strömen zeigte sich die Erscheinung der Anfangszuckung mit der bereits beobachteten Regelmässigkeit."

Hingegen betont jetzt Hr. Bernstein: „Er beobachtete selbst bei 1760 Reizen in 1 Sec. nicht nur in einigen Fällen, sondern in allen Fällen Tetanus, wenn die Reize genügend stark waren.“ Später sei es ihm auch gelungen, den Ton von 900 Schwingungen am Kaninchenmuskel, den gleiche Reizfrequenz erregte, wahrzunehmen.

Dass bei so hohen Reizfrequenzen ein gleichmässiger Tetanus ohne grössere Anfangszuckung zu Stande kommen kann, ist der Theorie des Hrn. Bernstein nicht gerade günstig, denn wie hoch man auch die Reizwellen annehmen mag, so würden 7 Wellenzüge, welche (bei 1750 Reizen pro Sec.) den Raum einer Wellenlänge anfüllen sollten, den Erregungsbergen nur eine kleine Absenkung gestatten. Es müssten aber für gleichmässigen Tetanus diese kleinen Schwankungen genügen, um einen der maximalen Zuckung gleich hohen Tetanus zu erzeugen.

Andererseits hat Hr. Bernstein selbst zugeben müssen (S. 119), dass zuweilen bei weniger als 250 Reizen (bei 224) die Anfangszuckung auftrete. Er sucht dies durch die Annahme zu erklären, dass auch die Dauer der negativen Schwankung (durch Ermüdung u. s. w.) zunehmen könne. Er sagt darüber ferner: „Besonders aber müssen wir hervorheben, dass wir unter 200 Reizen in der Sec. niemals eine deutliche(?) Anfangszuckung beobachtet haben. Also bei einem Reizintervalle, welches mit Sicherheit grösser ist, als die Dauer der Reizwelle, tritt eine Anfangszuckung niemals auf, ein Umstand, in welchem wir ganz besonders eine Bekräftigung unserer Ansicht über die Entstehung der Anfangszuckung erblicken.“

Es ist zu bedauern, dass in den Versuchsprotokollen nicht Fälle mit seltenerer Reizfrequenz als 224 pro Sec. (wo noch Anfangszuckung auftrat) angegeben sind.

Hingegen erwähnt Hr. Bernstein (S. 120), dass man zuweilen, was vielleicht schon Manchem aufgefallen ist, bei Reizversuchen mit Hilfe des du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates eine der Anfangszuckung ähnliche Erscheinung bemerkt. Die Zahl der Schwingungen nun, welche die Feder des Apparates macht, erreicht gewiss nie 100. Er leitet solche „Anfangszuckungen“ (für seine Anschauung folgerichtig) von den hohen Klirrtönen ab.

Der sehr berechtigte Einwand, dass nach allgemeinen Erfahrungen bei sehr schwachen Reizen (um die es sich ja hier handelt) nur die Oeffnungsinductionsschläge wirksam sind, die angenommenen Reizzahlen also wohl halbirt werden mussten, ist von dem Hrn. Verfasser nicht in Betracht gezogen worden. Auch ist nirgends gesagt, wie es mit der „Theorie des Erregungsvorganges“ in Einklang zu bringen sei, dass nicht ausser der Anfangszuckung eine Endzuckung auftrete. S. 102 ist

ausdrücklich erwähnt „beim Schliessen (der Nebenschliessung) ist keine Zuckung wahrzunehmen." Endlich ist — worauf wir ebenfalls in unserer Arbeit (S. 26) hingewiesen haben — Hr. Bernstein auch den Beweis schuldig geblieben, dass die von ihm gesehene (nicht aufgeschriebene) Anfangszuckung wirklich eine einfache gewesen ist; obgleich dies für seine Theorie von fundamentaler Bedeutung sein musste.

Nach alledem scheint es, dass Hr. Bernstein selbst, durch seine eigene interessante Untersuchung [1] über den Muskelton belehrt, das Vorhandensein der Anfangszuckung nicht mehr aufrecht halten mag.

Wir haben gezeigt, dass auch bei höchster Reizfrequenz keine Anfangszuckung wahrzunehmen sei. Aber freilich lässt sich der „minimale Tetanus", der ja in die Anfangszuckung zusammenschrumpfen soll, in constanter Form nur mit Hülfe vollkommener Reizapparate gewinnen, wie der Eine von uns dargethan hat.[2] Der Capillarcontact ermöglicht solche gleichmässige Reizungen. Natürlich muss die Spülung sachverständig regulirt werden, damit nicht nachgerissene Luftblasen das Quecksilber erschüttern. Es sind die Contacte in Quecksilber mit oxydirter Oberfläche um so unvollkommener, je weniger tief die schwingende Platinspitze eingetaucht wird, daher kann es geschehen, dass bei schwachen Schwingungen gar keine völlige Trennung des Quecksilbers von der schwingenden Spitze erfolgt, sondern nur eine Verdünnung des aufgezogenen Tropfens unreinen Metalles. Es ist daher erklärlich, dass kurze (frequent schwingende) Federn des „akustischen Stromunterbrechers" die Inductionsströme schwächen. Auch unter der Voraussetzung, dass die Ströme ganz gleichmässig gemindert würden, ist es leicht begreiflich, dass der durch minimale Reize bewirkte Tetanus steil abfällt, ja selbst bis auf eine Zuckung zusammenschrumpft, weil, wie der Eine von uns bei früherer Gelegenheit auseinandergesetzt hat,[3] die Ermüdungscurve der frequenten Zuckungen von der ersten nach relativ langer Erholungszeit ausgelösten steil in die Ruhelinie abfällt.

Hr. Bernstein citirt ferner in seiner uns zurückweisenden Notiz (wohl als Parallelstelle zu dem von uns hervorgehobenen Resultate) folgende Sätze aus seinen Untersuchungen (S. 120): „Die Resultate, welche wir in den vorhergehenden Versuchen gewonnen haben, führen uns einer Frage entgegen, die eigentlich im Stillen der Beweggrund zur Anstellung derselben gewesen ist, nämlich zu der Frage, ob es nicht eine

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. 11. S. 191 ff.

[2] Verhandl. der physiolog. Gesellschaft zu Berlin 1877—78. Nr. 3. Dies *Archiv* 1877.

[3] Hugo Kronecker, Ueber die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln. *Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig* 1871. VI. S. 220 ff.

so grosse Schnelligkeit aufeinanderfolgender Reize gäbe, bei welcher der Nerv oder Muskel nicht mehr erregt werde. Diese Frage ist schon öfter von einigen Forschern aufgeworfen worden, aber es hat bisher nicht gelingen wollen, einen Apparat herzustellen, welcher den Anforderungen zur Lösung dieser Frage genügt . . . . Auch unser Unterbrechungsapparat ist der experimentellen Lösung dieses Problems nicht gewachsen, und wir sind daher in unseren Versuchen nicht im Stande gewesen, die Anzahl der Reize in der Zeiteinheit so weit zu steigern, dass wir das eben besprochene Ziel hätten erreichen können."

Da aber die von ihm angewendete Reizmethode nur 2760 Schläge in 1 Sec. zu geben ermöglichte, wir aber noch die neunfache Reizfrequenz mit Erfolg anwandten,[1] so erscheinen die citirten Sätze unseren Resultaten gegenüber bedeutungslos.

Hr. Bernstein spricht endlich in vorsichtiger Weise Zweifel aus über unsere Berechtigung, die Reizzahl aus der Tonhöhe unserer inducirenden longitudinal schwingenden Stäbe zu schliessen. Diese Zweifel hatten wir selbst schon erwogen und beseitigt (S. 38). Von dem Verlangen, den Ton von 22000 Schwingungen auch im gereizten Muskel zu hören, dürfte nach unseren auf S. 19 und 20 gegebenen Erörterungen Abstand genommen werden können.

[1] Dies *Archiv* 1878. S. 27.